



SKRIPSI – ME141501

**PERENCANAAN *SHORE POWER CONNECTION* PADA
PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG UNTUK
MEWUJUDKAN PELABUHAN HIJAU (*GREENPORT*)**

**Aditya Premata Putra
NRP 4210 100 056**

**Dosen Pembimbing
Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *SHORE POWER CONNECTION* PADA PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG UNTUK MEWUJUDKAN PELABUHAN HIJAU (*GREENPORT*)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

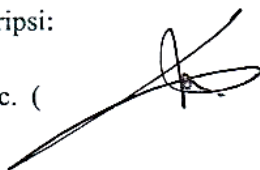
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Aditya Premata Putra
NRP. 4210100056

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi:

L. Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc. (



)

SURABAYA
JULI 2016

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *SHORE POWER CONNECTION* PADA PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG UNTUK MEWUJUDKAN PELABUHAN HIJAU (*GREENPORT*)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Aditya Premata Putra

NRP. 4210100056

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN *SHORE POWER CONNECTION*
PADA PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG
UNTUK MEWUJUDKAN PELABUHAN HIJAU
(GREENPORT)**

Nama Mahasiswa : Aditya Premata Putra
NRP : 4210 100 056
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, ST, MSc.

ABSTRAK

Indonesia adalah sebuah Negara yang memiliki ribuan pulau – pulau yang berjajar dari ujung Barat sampai ujung Timur. Untuk dapat memenuhi kebutuhan penduduk di pulau – pulau yang kecil atau jauh dari kota besar, digunakanlah moda transportasi laut untuk dapat menjangkau pulau – pulau tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan menganalisa tentang bagaimana penerapan *shore power connection* di pelabuhan Terminal Teluk Lamong. Data lalu lintas kapal yang diperoleh selama Bulan Nopember 2014 – Mei 2016, dengan total jumlah kapal di dermaga domestik sebesar 491 unit dan di dermaga internasional sebesar 169 unit, dengan kenaikan sebesar 1% setiap bulannya. Dengan jumlah tersebut dapat dikatakan bahwa semakin padat aktivitas di pelabuhan semakin besar polusi yang terdapat di dalamnya. Oleh karena itu, dirancang sebuah sistem *shore power connection* untuk mengurangi tingkat polusi di pelabuhan. Sistem ini direncanakan dipasang 3 unit, 1 pada dermaga domestik dan 2 pada dermaga internasional. Sistem ini terdiri dari konverter frekuensi, trafo, *busbar* dan *shore connection box*.

Kata kunci : *Pelabuhan, Teluk Lamong, Shore Power Connection*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PLANNING OF *SHORE POWER CONNECTION* AT PORT OF TELUK LAMONG TO ACHIEVE GREENPORT

Nama Mahasiswa : Aditya Premata Putra
NRP : 4210 100 056
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, ST, MSc.

ABSTRACT

Indonesia is a country that has thousands of islands that are lined across from West to East ends. To be able to meet the needs of the population on the small island or far away from the big city, is used marine transport modes in order to reach the island. This study was conducted to analyze how the application of shore power connection at the port terminal Lamong Bay. Vessel traffic data obtained during the November 2014 - May 2016, with the total number of boats at the dock of 491 domestic and international port unit for 169 units, with an increase of 1% per month. With this amount, it can be said that the more congested activity in the harbor, the greater the pollution contained therein. Therefore, designed a shore power connection system to reduce the level of pollution in the harbor. The system is planned to be installed three units, one on the dock at the pier domestic and 2 international. The system consists of a frequency converter, transformer, busbar and shore connection box.

Keywords : *Ports, Shore Power Connection, Teluk Lamong*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PRAKATA

Dalam proses pengembangan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama perkuliahan, serta sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, maka disusunlah Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini membahas tentang penggunaan *shore power connection* sebagai sistem pendukung untuk menyuplai kebutuhan listrik pada kapal. Ide ini didasarkan adanya keinginan untuk melihat kondisi pelabuhan yang bersih dan ramah lingkungan. *Shore Power* ini direncanakan dipasang pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan tentang penggunaan *Shore Power Connection*.

Teriring salam perjuangan kita...

MERDEKAA !!

Surabaya, Juli 2016
Aditya Premata Putra

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh niat dan keyakinan yang kuat serta usaha yang maksimal, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Untuk yang pertama dan terutama, secara pribadi saya berterima kasih dan mengucapkan syukur kepada **Tuhan Yang Maha Esa** atas segala berkat dan kekuatan yang diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Saya berterima kasih kepada **Keluarga Besar Alm. Bpk. Djaelani** yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil selama proses berlangsung. Buat seseorang yang terkasih, **Risti Kristina** yang selalu menjadi sumber inspirasi dan motivasi dalam pengerjaan ini

Tak lupa pula, saya ucapkan terima kasih kepada **Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, ST, MT** dan juga kepada **Dosen Pembimbing, Bapak Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc.** atas segala bimbingan dan nasehat selama ini.

Saya juga berterima kasih yang sebesar - besarnya kepada **Dosen Wali, Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST., MT.** yang tak pernah henti memberikan motivasi selama kuliah.

Terima kasih saya berikan kepada seluruh rekan – rekan dari **PINISI '10** yang selalu mendukung dan tetap solid.

Terima kasih juga kepada jajaran pengurus **DPC GmnI SURABAYA** atas doa dan dukungannya, serta kepada kerabat dan teman – teman yang telah membantu proses pelaksanaan dan pengerjaan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	vii
Abstract	ix
Prakata	xi
Ucapan Terima Kasih	xiii
Daftar isi	xv
Daftar gambar	xix
Daftar tabel	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1.	Latar Belakang	1
1.2.	Perumusan Masalah	3
1.3.	Batasan Masalah	4
1.4.	Tujuan Skripsi	4
1.5.	Manfaat Skripsi	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1.	Pelabuhan	7
2.2.	Dermaga	10
2.3.	Polusi	12
2.3.1.	Polusi Pelabuhan	12
2.3.2.	Polusi Air	14
2.3.3.	Polusi Udara	15
2.3.4.	Polusi Suara / Kebisingan	18
2.4.	Pelabuhan Terminal Teluk Lamong	18

2.4.1. Profil Perusahaan	18
2.4.2. Struktur Organisasi	21
2.5. Shore Power Connection	22
2.5.1. Frekuensi	23
2.5.2. Kebutuhan Daya	25
2.5.3. Persyaratan Teknis	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian	29
3.1.1. Pendekatan dan Jenis Penelitian	29
3.1.2. Objek Penelitian	29
3.2. Tahap – Tahap Penelitian	30
3.2.1. Identifikasi Masalah	30
3.2.2. Studi Literatur	30
3.2.3. Pengambilan Data	31
3.2.4. Pengecekan Data	31
3.2.5. Validasi Data	31
3.2.6. Analisa dan Pembahasan	32
3.2.7. Kesimpulan dan Saran	32
3.3. Skema Penelitian	33

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum	35
4.2. Lokasi Pelabuhan	35
4.3. Data Lalu Lintas Pelabuhan	36
4.4. Kebutuhan Daya Pelabuhan	39
4.5. Dermaga	44
4.6. Kebutuhan Daya Kapal Kontainer	46
4.7. Analisa Penerapan Shore Power Connection	51

4.7.1. Bangunan Utama	54
4.7.2. Perencanaan Kabel	57
4.7.3. Pemilihan Busbar	59
4.7.4. Shore-side Connection	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA	63
-----------------------------	-----------

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Aktivitas Pelabuhan	8
Gambar 2.2 Global Shipping	9
Gambar 2.3 Tipe – Tipe Dermaga	11
Gambar 2.4 Polusi Pelabuhan	13
Gambar 2.5 Polusi di Laut	17
Gambar 2.6 Struktur Organisasi PT Terminal Teluk Lamong	21
Gambar 2.7 Shore Power Connection	22
Gambar 2.8 Peta Frekuensi dan Tegangan	25
Gambar 3.1 Diagram Alir	33
Gambar 4.1 Peta Terminal Teluk Lamong	36
Gambar 4.2 Traffic Kapal Pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Periode Bulan Nopember 2014 – Mei 2016	37
Gambar 4.3 Kebutuhan Daya Listrik Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Tahun 2014	42
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Panjang dan Daya Kapal Pada Dermaga Domestik	48
Gambar 4.5 Tegangan Kapal Kontainer Pada Dermaga Domestik	49
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Panjang dan Daya Kapal Pada Dermaga Internasional	51
Gambar 4.7 Dermaga Pelabuhan Terminal Teluk Lamong..	53
Gambar 4.8 Perencanaan <i>shore power connection</i> di Pelabuhan	54
Gambar 4.9 ABB PCS 100 SFC-1250	56
Gambar 4.10 Trafo CENTRADO 2500 kVA, 20 kV/400 V ..	57

Gambar 4.11 ABB Unigear ZS1 59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1.	Emisi Pada Kapal dan Dampaknya Pada Lingkungan dan Kesehatan 16
Tabel 2.2.	Prosentase Penggunaan Frekuensi Kapal Pada Pelabuhan di Eropa 24
Tabel 2.3.	Daya Kapal Pada Pelabuhan di Eropa 26
Tabel 4.1	Traffic kapal pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Periode November 2014 – Mei 2016 . 38
Tabel 4.2.	Total Kebutuhan Daya Listrik Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Tahun 2014 41
Tabel 4.3	Kebutuhan Daya Tambahan pada Dermaga Tahun 2016 43
Tabel 4.4	Data kapal kontainer pada dermaga domestik.. 47
Tabel 4.5	Data kapal pada dermaga internasional 50
Tabel 4.6	Tabel Luas Penampang Kabel 58

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Melihat perkembangan pelabuhan dewasa ini, pelabuhan di Indonesia terdapat 2 jenis, pelabuhan swasta dan pelabuhan publik. Terdapat sekitar 1134 pelabuhan yang dikelola oleh swasta dan 754 pelabuhan publik. Pelabuhan publik ini dikelola dan dibangun oleh pemerintah.

Pelabuhan yang beroperasi di Indonesia, khususnya di Surabaya melayani sekitar 12 Negara tujuan dan 13 jalur pelayaran Internasional. Selain itu, melayani pula 29 rute pelayaran domestik dan 17 jalur pelayaran domestik.

Agar distribusi barang dapat berjalan lancar haruslah dibangun pelabuhan yang memenuhi standar. Jika setiap pulau di Indonesia memiliki pelabuhan, maka akan terdapat banyak sekali pelabuhan di Indonesia. Hal ini tentunya berdampak baik bagi perekonomian di wilayah tersebut.

Akan tetapi, banyaknya kapal yang sandar di pelabuhan ternyata menimbulkan permasalahan baru. Permasalahan yang kadang orang jarang memikirkannya,

yaitu emisi di pelabuhan. Emisi di pelabuhan bukan hanya emisi udara saja, tetapi emisi getaran, emisi kebisingan juga merupakan emisi yang ada di pelabuhan.

Pada waktu kapal sandar di pelabuhan, untuk menyuplai energi listrik di kapal seringkali menghidupkan mesin bantu kapal. Mesin bantu ini merupakan motor diesel yang juga menghasilkan emisi. Emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran motor diesel adalah gas buang. Emisi gas buang yang dihasilkan oleh motor diesel ini terdiri dari *Nitrogen Oxides (NOx)*, *Sulfur Oxides (SOx)*, *Hydrocarbon (HC)*, *Carbon Monoxide (CO)* dan *Particulates*.

Dampak buruk dari emisi gas buang tersebut dapat menyebabkan gangguan saluran pernafasan, bahkan yang lebih buruk dapat mengakibatkan terjadinya hujan asam. Melihat dampak yang telah disebut di atas, maka emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran motor diesel harus diminimalisir.

Dalam rangka mewujudkan pelabuhan hijau (*greenport*), *shore power connection* merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan di pelabuhan dalam mengurangi tingkat emisi di pelabuhan. Sewaktu kapal sandar di pelabuhan, tidak perlu lagi menghidupkan mesin bantunya dalam memenuhi kebutuhan listrik di kapal. Kebutuhan listrik di kapal, akan disuplai dari *shore power*

connection di pelabuhan sehingga emisi yang dihasilkan oleh mesin bantu dapat dikurangi dan juga ramah lingkungan.

Pada penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, akan dianalisa tentang bagaimana penerapan *shore power connection* di pelabuhan. Penelitian ini lebih dititikberatkan pada penggunaan *shore power connection* di pelabuhan.

Shore power connection dipilih karena sebagai salah satu alternatif untuk menciptakan pelabuhan yang ramah lingkungan. Mengingat bahwa hari ini, pencemaran udara di wilayah perairan lebih tinggi daripada di daratan. Daerah yang dipilih untuk penelitian kali ini adalah di daerah Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur. Pelabuhan ini dipilih karena mengusung konsep pelabuhan hijau (*greenport*) yang sesuai dengan konsep tugas akhir ini.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dan dicari penyelesaiannya dari konsep studi penggunaan *shore power connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, yaitu kemungkinan untuk penggunaan *shore power connection* di Terminal Teluk Lamong mengingat

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong mengusung konsep pelabuhan hijau (*greenport*).

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang harus diselesaikan diatas maka perlu adanya pembatasan masalah serta ruang lingkupnya agar dalam menyelesaikan rancangan nantinya tidak melebar dan mempermudah, batasan masalah tersebut yaitu :

1. Analisa hanya sebatas penggunaan *shore power connection*
2. Analisa penerapannya di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong
3. Tidak dilakukan perhitungan terhadap analisa ekonomisnya

1.4 Tujuan Skripsi

Tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisa kemungkinan penggunaan *shore power connection* pada pelabuhan Terminal Teluk Lamong.
2. Memberikan gambaran tentang masa depan pelabuhan yang lebih baik

1.5 Manfaat Skripsi

Manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk mengetahui penggunaan *shore power connection* di pelabuhan dalam mengurangi tingkat emisi di pelabuhan.
2. Data – data yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan konsep pelabuhan hijau di Indonesia.
3. Sebagai bahan masukan terhadap para *stakeholder* yang terkait mengenai konsep masa depan pelabuhan Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis akan menjelaskan tentang landasan mengenai penulisan tugas akhir ini, baik dari konsep awalnya, kekurangan dan kelebihan, dan teori – teori yang sudah ada sebelumnya.

2.1. Pelabuhan

Sebagai Negara Kepulauan, sudah barang tentu Indonesia memiliki berbagai macam jenis pelabuhan, baik pelabuhan umum maupun pelabuhan khusus. Banyaknya kapal yang sandar di pelabuhan, menandakan bahwa distribusi barang dan jasa sedang berjalan. Roda perekonomian pun ikut tumbuh.

Padatnya aktivitas di pelabuhan mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Di satu sisi, membawa keuntungan bagi perusahaan pelayaran dan masyarakat sekitar, namun, di sisi lain memberikan dampak negatif, yaitu berupa emisi di pelabuhan.



Gambar 2.1. Aktivitas Pelabuhan
sumber: www.ship-technology.com

Lalu, apa yang dimaksud pelabuhan itu? Sebagaimana dijelaskan dalam Keputusan Menteri Perhubungan no 53 Tahun 2002 bahwa pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas - batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Talley (2009) mengemukakan pendapat bahwa pelabuhan adalah tempat dimana terjadinya perpindahan barang maupun penumpang dari dan ke wilayah perairan dan daratan. Selain itu, pelabuhan dapat dikatakan sebagai suatu pintu gerbang untuk masuk ke suatu daerah tertentu dan sebagai prasarana penghubung antar daerah, antar pulau, bahkan antar negara. (Triatmodjo, 2010). Pelabuhan juga merupakan unit ekonomi, tempat yang menyediakan jasa terminal untuk operator transportasi dan simpul dalam jaringan transportasi.

Pelabuhan memegang peranan penting dalam dunia transportasi, khususnya transportasi laut, karena pelabuhan merupakan pintu masuk di suatu wilayah atau negara. Pelabuhan dapat berupa pelabuhan kargo, pelabuhan penumpang, dan kombinasi antara pelabuhan kargo dan penumpang.



Gambar 2.2. Global Shipping
sumber: *ABB Shore-to-Ship Infographic*

Berikut ini adalah beberapa peran dari pelabuhan berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan no 53 Tahun 2002:

- a. Simpul dalam jaringan transportasi sesuai dengan hirarkinya
- b. Pintu gerbang kegiatan perekonomian daerah, nasional dan internasional
- c. Tempat kegiatan alih moda transportasi
- d. Penunjang kegiatan industri dan perdagangan
- e. Tempat distribusi, konsolidasi dan produksi

2.2. Dermaga

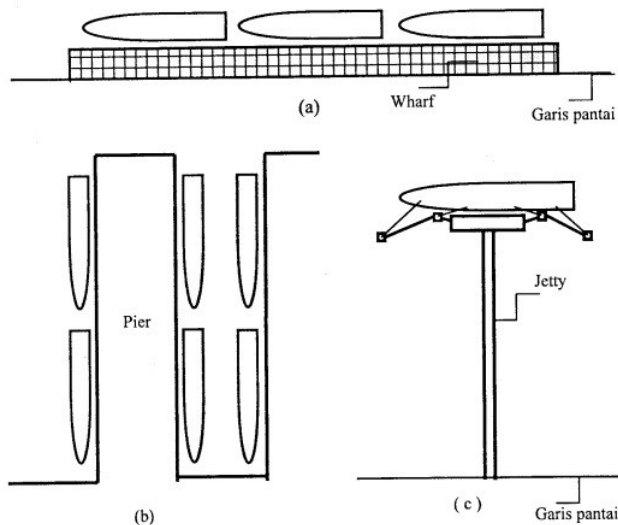
Dalam menunjang aktivitas pelabuhan dan juga sebagai tempat sandar kapal yang akan berlabuh di pelabuhan, maka harus terdapat suatu bangunan yang disebut dermaga. Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang (Triatmodjo, 2010).

Pada bangunan dermaga, khususnya untuk barang peti kemas, harus direncanakan sedemikian rupa agar kapal dapat melakukan aktivitas bongkar muat dengan cepat dan lancar.

Berikut ini adalah beberapa tipe dermaga yang terdapat pada pelabuhan menurut Triatmodjo (2010) :

- *Wharf* : Dermaga yang parallel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai.
- *Pier* : Dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus pada garis pantai
- *Jetty* : Dermaga yang menjorok ke laut sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk kapal merapat.

Di bawah ini adalah gambar beberapa tipe dermaga:



Gambar 2.3. Tipe – tipe dermaga
sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo (2010)

Untuk mengetahui ukuran dermaga yang dibutuhkan agar tidak terjadi penumpukan antrian kapal, maka dapat dihitung menggunakan rumus :

$$L_p = n \times L_oa + (n-1) 15,00 + (2 \times 25,00)$$

Dimana,

L_p = Panjang Dermaga (m)

n = Jumlah Kapal

L_oa = Panjang Keseluruhan Kapal

2.3. Polusi

Dalam perkembangannya, tingkat perdagangan di pelabuhan di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini tentu memberikan dampak yang baik bagi perekonomian negara. Seiring dengan hal tersebut, pelabuhan – pelabuhan menghadapi tantangan yang serius perihal masalah lingkungan. Dampak buruk pada lingkungan yang meningkat pesat seiring bertumbuhnya volume perdagangan di suatu pelabuhan.

2.3.1. Polusi Pelabuhan

Polusi atau pencemaran lingkungan yang terjadi di area pelabuhan mayoritas terjadi pada wilayah perairan dan udara. Polusi air pada pelabuhan sering dikaitkan dengan pembuangan air ballast dan limbahnya,

penggunaan cat *antifouling* pada kapal, tumpahan minyak dari kapal, dan pengerukan saluran air di pelabuhan.

Polusi udara pada pelabuhan timbul akibat emisi dari kapal, truk, peralatan bongkar muat, dan kereta barang di pelabuhan.



Gambar 2.4. Polusi Pelabuhan

sumber: www.energylivenews.com

Jadi, apa sebenarnya polusi itu? Polusi menurut KBBI adalah pengotoran; pencemaran. Di dalam UU no 23 Tahun 1997, polusi didefinisikan sebagai masuknya/dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Secara sederhana, polusi adalah pencemaran yang mengakibatkan kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu dan menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Sedangkan pengertian emisi seperti yang dikemukakan oleh Agoes Santoso (*dalam slide Marine Power Plant Emissions*) bahwa emisi adalah polusi udara yang dihasilkan oleh proses pembakaran motor bakar. Sedangkan dalam PP no 41 Tahun 1999, dikemukakan bahwa emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

2.3.2. Polusi Air

Polusi pada air yang terjadi di pelabuhan diakibatkan oleh pembuangan air ballast dan limbahnya, penggunaan cat *antifouling* pada kapal, tumpahan minyak dari kapal, dan pengerukan saluran air di pelabuhan.

Ketika kapal mengambil air ballast di suatu perairan, secara tidak langsung mikroorganisme dan benda – benda kecil juga ikut terambil. Ketika air ballast dikeluarkan di perairan lain, maka mikroorganisme dan

benda – benda kecil tersebut akan mengganggu ekosistem lokal di perairan tersebut.

Penggunaan cat *antifouling* pada lambung kapal, dapat menghambat pertumbuhan biologis makhluk yang ada di sekitarnya, dan juga membahayakan kelangsungan ekosistem tersebut.

2.3.3. Polusi Udara

Banyak hal yang menyebabkan polusi udara terjadi pada pelabuhan. Polusi udara pada pelabuhan disebabkan oleh mesin utama dan mesin bantu kapal, boiler, dan gas buang yang terakumulasi akibat lalu lintas kapal di pelabuhan.

Mesin utama merupakan sumber daya utama bagi kapal ketika bergerak di perairan. Mesin bantu digunakan di laut dan ketika sandar di pelabuhan untuk membangkitkan peralatan listrik atau untuk memanaskan sistem di kapal.

Emisi di pelabuhan terjadi ketika kapal sandar di pelabuhan. Kapal menghasilkan emisi ketika sandar di pelabuhan sewaktu menyalakan mesin bantu mereka untuk menghasilkan listrik di atas kapal. Jika terdapat banyak kapal yang sandar di pelabuhan dan melakukan hal yang sama, maka akan terjadi akumulasi emisi di pelabuhan dan

memberikan dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Dampak buruk emisi pada kapal dapat dilihat pada Tabel 2.1. di bawah ini.

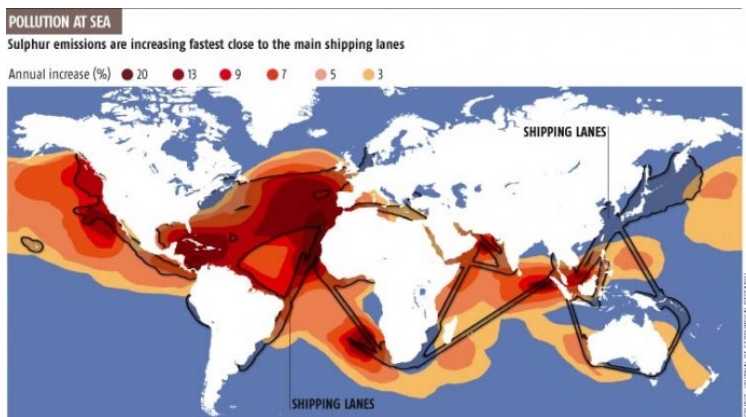
Emisi dari hasil pembakaran motor bakar secara umum mengandung karbon-dioksida (CO_2), karbon-monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur dioksida (SO_2), dan partikel. Jika pembakaran tidak sempurna, maka akan menghasilkan Hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar.

Tabel 2.1. Emisi pada kapal dan dampaknya pada lingkungan dan kesehatan

<i>Emisi</i>	<i>Deskripsi</i>
<i>NO_x</i>	NO_x meliputi berbagai komponen nitrogen seperti Nitrogen Dioksida (NO_2) dan Nitrit Oksida (NO). Dampak NO_x pada lingkungan dapat menyebabkan ground-level ozone (smog) dan hujan asam. Dampak NO_x pada kesehatan dapat menyebabkan gangguan pernafasan seperti asma, emfisema, bronkitis dan kematian dini.
<i>SO_x</i>	SO_x dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan seperti pada hidung dan tenggorokkan serta paru paru.

<i>VOC</i>	<p> Volatile Organic Compounds (VOC) merupakan salah satu gas rumah kaca dan menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan, sakit kepala, gangguan penglihatan, dan kemampuan mengingat. </p>
<i>PM</i>	<p> Particulate Matter (PM) dapat menyebabkan kematian dini, batuk – batuk, sakit saat bernafas, bahkan dapat mengurangi kinerja paru – paru. </p>

sumber: Shore-side Power Supply, Ericsson (2008)



Gambar 2.5. Polusi di Laut

sumber: gallery.asiaforest.org

2.3.4. Polusi Suara / Kebisingan

Kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu kesehatan dan kenyamanan lingkungan yang dinyatakan dalam desibel (dB). Kebisingan disebabkan oleh sumber bunyi yang bergetar. Getaran sumber suara mengganggu molekul-molekul udara di sekitar sehingga molekul – molekul ikut bergetar. Getaran sumber ini menyebabkan terjadinya gelombang rambatan energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambatan longitudinal.

Di Pelabuhan, kebisingan ditimbulkan oleh kapal, truk, kereta, aktivitas bongkar muat, konstruksi dan aktivitas perawatan. Tingkat kebisingan dari permesinan bantu kapal ketika di pelabuhan dapat mencapai 80 – 120 dB (Talley, 2009). Kebisingan di pelabuhan dapat menyebabkan gangguan pendengaran dan peningkatan tekanan darah.

2.4. Pelabuhan Terminal Teluk Lamong

2.4.1. Profil Perusahaan

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong resmi beroperasi pada Tahun 2014 yang lalu. Pelabuhan yang terletak di antara Kota Surabaya dan Gresik ini, dikelola oleh PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III. Dengan

mengusung konsep sebagai pelabuhan hijau (*greenport*), menjadikan Pelabuhan Terminal Teluk Lamong sebagai pelabuhan ramah lingkungan pertama di Indonesia.



Pelabuhan Terminal Teluk Lamong dibangun dengan tujuan untuk mendukung penyebaran arus barang dari dan ke wilayah Kawasan Timur Indonesia (KTI). Selain itu, juga bertujuan untuk mengantisipasi meningkatnya angkutan petikemas dan curah sebagai akibat pasar global di Pelabuhan Tanjung Perak.

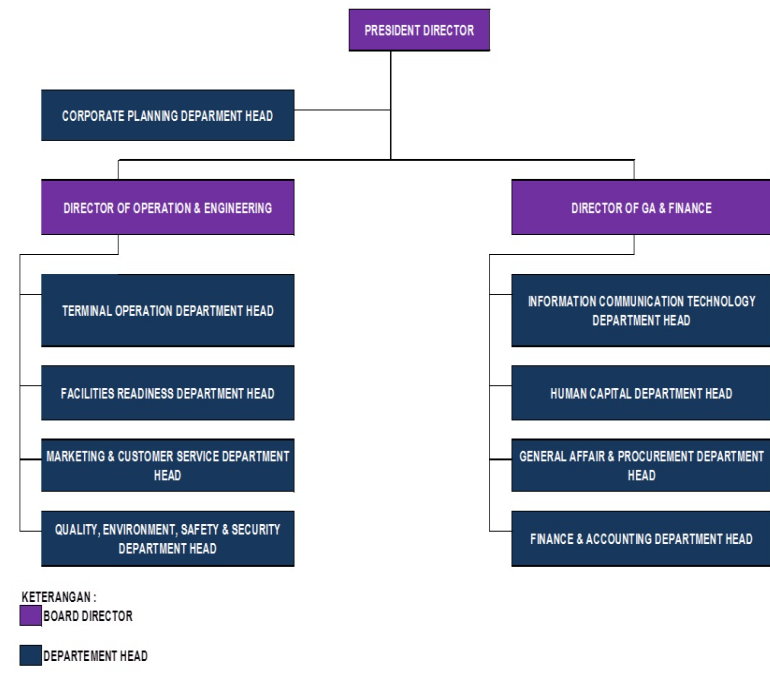
Saat ini, pelabuhan Terminal Teluk Lamong mampu melayani hingga kapasitas 342.000 TEUs dengan kinerja 20 Box/Crane/Hour pada Single Lift pada dermaga domestik dan 435.000 TEUs dengan kinerja 30

Box/Crane/Hour pada Twin Lift pada dermaga internasional. Pelabuhan Terminal Teluk Lamong juga dilengkapi dengan 10 unit Automated Stacking Crane (ASC), 5 unit Shore-to-Ship, 50 unit Container Transport Trailer (CTT), 5 unit Straddle Carrier, serta penerangan jalan yang menggunakan Solar Cell dan lampu LED dalam upaya mewujudkan pelabuhan yang ramah lingkungan.

Pengembangan Terminal Teluk Lamong termasuk dalam Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) khususnya pada koridor Jawa. Dengan pembangunan dan pengoperasian Terminal Teluk Lamong, diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu kapal di Pelabuhan Tanjung Perak selaku pintu gerbang perekonomian Jawa Timur dan Kawasan Timur Indonesia.

2.4.2. Struktur Organisasi

Struktur Organisasi PT Terminal Teluk Lamong

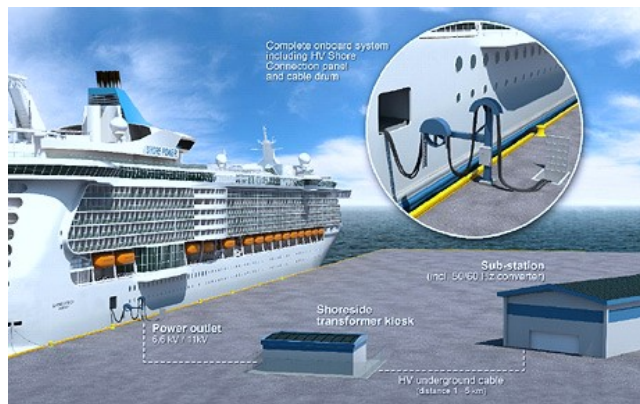


Gambar 2.6. Struktur Organisasi PT Terminal Teluk Lamong

sumber: www.teluklamong.co.id

2.5. Shore Power Connections

*Shore Power*¹ merupakan penyediaan tenaga listrik dari pelabuhan ke kapal di dermaga, dimana mesin utama dan mesin bantunya dimatikan. *Shore Power* dapat menghemat konsumsi bahan bakar –yang seharusnya digunakan untuk daya kapal saat di pelabuhan– serta mengurangi polusi udara di pelabuhan akibat konsumsi bahan bakar dari permesinan bantu kapal.



Gambar 2.7. Shore Power Connection

sumber: *abb.com*

¹ Terdapat beberapa istilah untuk teknologi yang sama: *Alternative Maritime Power (AMP)*, *Cold Ironing*, *Shore Side Electricity*, *Onshore Power Supply (OPS)*

Keuntungan penggunaan *shore power* tergantung apakah kapal yang sandar mempunyai kemampuan untuk penggunaan *shore power*, berapa lama tinggal di pelabuhan, dan berapa energi yang dibutuhkan ketika di pelabuhan. Pada terminal kapal pesiar, menghasilkan emisi yang lebih tinggi daripada terminal yang lain karena kapal pesiar membutuhkan energi yang lebih tinggi daripada kapal – kapal yang lain.

Ketika mendesain *Shore Power* sistem, terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan. Beberapa parameter tersebut diantaranya, variasi daya yang dimiliki kapal, perbedaan frekuensi dan tegangan dari peralatan yang ada di kapal.

2.5.1. Frekuensi

Frekuensi listrik berbeda setiap kapal bergantung ukuran dan kategori kapal. Terdapat juga beberapa peralatan atau komponen yang berbeda frekuensinya disebabkan negara pabrik komponen tersebut memiliki perbedaan frekuensi dengan negara tempat kapal tersebut berlabuh.

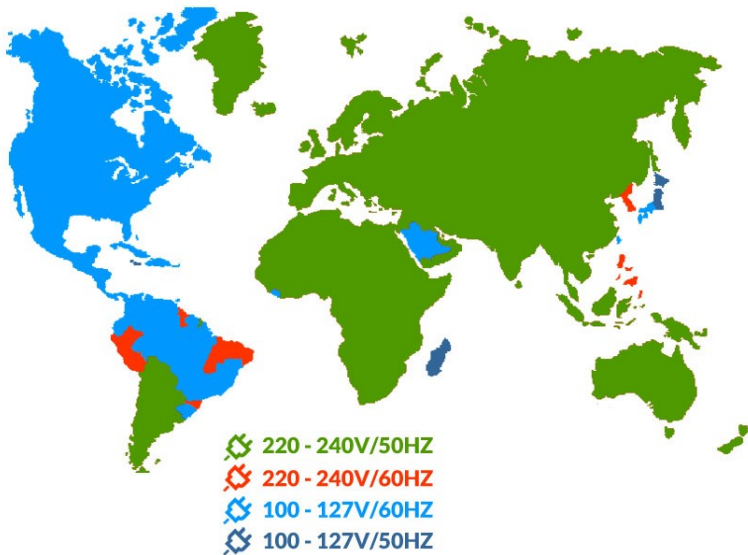
Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada pelabuhan di Eropa, kapal – kapal berukuran besar umumnya menggunakan frekuensi 60 Hz, sedangkan yang

lebih kecil kebanyakan menggunakan frekuensi 50 Hz. Besarnya prosentase penggunaan frekuensi kapal pada pelabuhan di Eropa dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Prosentase penggunaan frekuensi kapal pada pelabuhan di Eropa

Vessel Type	50 Hz	60 Hz
Container Vessel (< 140 m)	63 %	37 %
Container Vessel (> 140 m)	6 %	94 %
Container Vessel (total)	26 %	74 %
RoRo and Vehicle Vessels	30 %	70 %
Oil and Product Tankers	20 %	80 %
Cruise Ships (< 200 m)	36 %	64 %
Cruise Ships (> 200 m)	-	100 %
Cruise Ships (total)	17 %	83 %

sumber: Shore-side Power Supply, Ericsson (2008)



Gambar 2.8. Peta Frekuensi dan Tegangan
sumber: tokyorecorder.com

2.5.2. Kebutuhan Daya

Berbagai macam kapal yang akan sandar di suatu pelabuhan, mengharuskan pelabuhan menyediakan kebutuhan daya listrik sesuai dengan kebutuhan kapal. Daya listrik kapal erat kaitannya dengan biaya yang harus dikeluarkan nantinya. Besarnya kebutuhan daya kapal

berdasarkan studi yang dilakukan di perairan Eropa, dapat dilihat pada Tabel 2.3. berikut ini.

Tabel 2.3. Daya kapal pada pelabuhan di Eropa

Vessel Type	Average Power Demand (MW)	Peak Power Demand (MW)	Peak Power Demand for 95 % of Vessels (MW)
Container Vessels (< 140 m)	0.17	1	0.8
Container Vessels (> 140 m)	1.2	8	5
Container Vessels (total)	0.8	8	4
RoRo and Vehicle Vessels	1.5	2	1.8
Oil and Product Tankers	1.4	2.7	2.5
Cruise Ships (< 200 m)	4.1	7.3	6.7
Cruise Ships (> 200 m)	7.5	11	9.5
Cruise Ships (> 300 m)	10	20	12.5

sumber: Shore-side Power Supply, Ericsson (2008)

2.5.3. Persyaratan Teknis

Terdapat beberapa persyaratan teknis sewaktu merencanakan penggunaan *shore power* di sebuah pelabuhan. Berikut ini beberapa persyaratan teknis seperti yang dikemukakan oleh Fung, F. et al., (2014)

Persyaratan teknis untuk kapal

Agar dapat menggunakan shore power, berikut ini terdapat beberapa instalasi yang harus ditambahkan:

- Jalur Power Supply
- Switchgear
- Power Supply Transformer
- Tambahan Switchboard
- Sistem Komunikasi
- Kabel, Fondasi
- Ruang yang cukup untuk operasional dan persyaratan keamanan di kapal

Persyaratan teknis untuk pelabuhan

Di pelabuhan, hal terpenting yang harus diperhatikan mengingat perbedaan jenis kapal dan kebutuhan daya listrik kapal, sebagai berikut:

- Transformer untuk menyamakan tegangan di kapal (440 V, 6,600 V, 11,000 V)
- AC Converter untuk frekuensi 50 Hz dan 60 Hz
- Sambungan kabel untuk daya dan tegangan yang berbeda
- Peralatan untuk penyambungan kabel

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

3.1.1. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Metode penelitian merupakan metode yang digunakan untuk menjawab masalah secara detil yang meliputi variable yang diteliti, desain riset yang digunakan, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, cara penafsiran dan penyimpulan hasil penelitian (Sarwono, J. 2006). Hal ini sering disebut sebagai alat untuk mencari kebenaran.

Dalam penelitian tugas akhir ini, metode pendekatan yang digunakan adalah menggunakan metode pendekatan kuantitatif. Hal ini dikarenakan penelitian ini sifatnya terukur, objektif, dan rasional. Beda dengan penelitian kualitatif yang cenderung subjektif dan tidak berpola.

3.1.2. Objek Penelitian

Adapun objek yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, Surabaya.

Tahap – Tahap Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
2. Studi Literatur
3. Pengambilan Data
4. Pengecekan Data
5. Validasi Data
6. Analisa dan Pembahasan
7. Kesimpulan dan Saran

3.2.1 Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini, mula – mula kita mencari permasalahan yang menarik untuk diangkat menjadi tugas akhir. Setelah didapat, lalu kita identifikasikan permasalahan tersebut agar menjadi lebih spesifik dan mudah untuk dikerjakan.

3.2.2 Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan kajian – kajian terhadap bahan – bahan pustaka yang akan dipakai dalam pengerjaan tugas akhir ini. Bahan – bahan pustaka ini

meliputi Jurnal, Buku, Internet, dan Paper yang terkait dengan permasalahan yang diangkat.

3.2.3 Pengambilan Data

Dalam tahap selanjutnya, setelah mengidentifikasi masalah dan mengkaji dari bahan – bahan pustaka adalah melakukan pengambilan data. Pengambilan data disini bisa didapatkan dengan melakukan pengambilan langsung di lapangan. Dimana data – data yang diperlukan adalah data *traffic* kapal, daya listrik di pelabuhan, daya listrik yang dibutuhkan di kapal, dan data penunjang lainnya.

3.2.4 Pengecekan Data

Setelah dilakukan pengambilan data, maka sebelum dilakukan analisa dan perhitungan terhadap data sebaiknya dilakukan pengecekan terlebih dahulu, apakah data sudah sesuai, apakah data sudah cukup, dan sebagainya.

3.2.5 Validasi Data

Proses validasi data merupakan salah satu proses terakhir dalam penulisan skripsi ini sebelum data dimasukkan dan dibahas. Data – data yang telah diperoleh harus dipastikan

benar – benar valid sebelum data tersebut masuk ke dalam proses analisa dan pembahasan.

3.2.5 Analisa dan Pembahasan

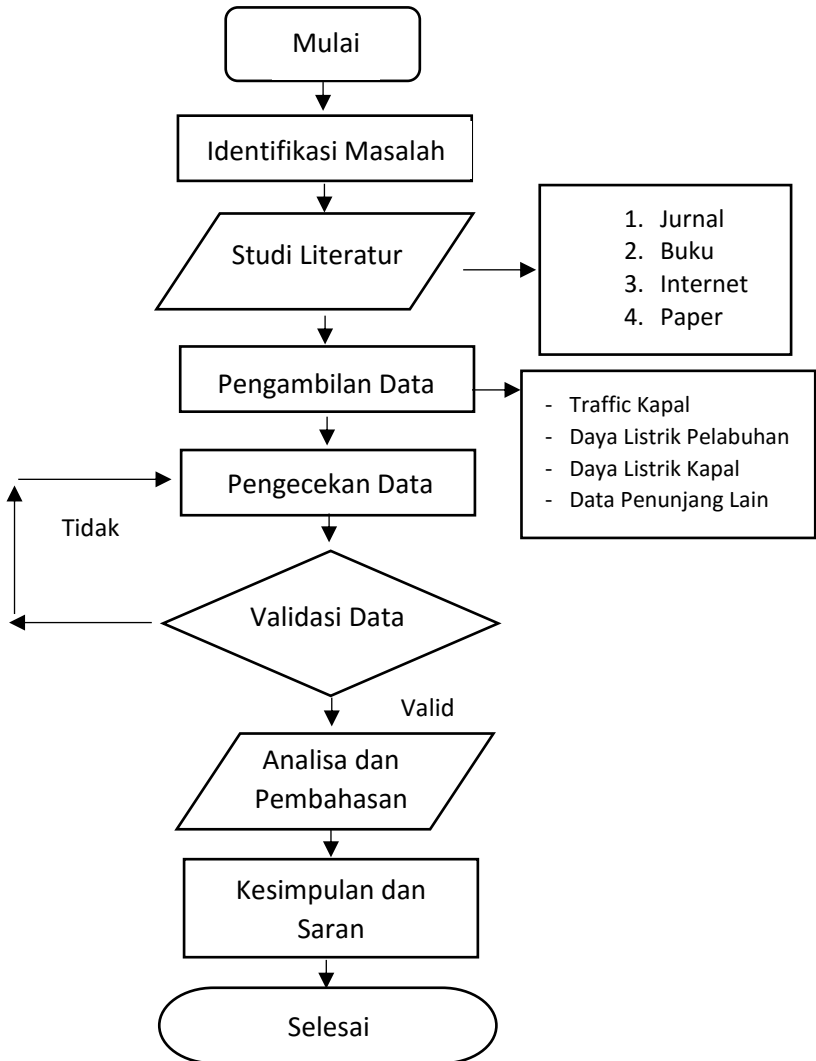
Jika data yang diambil dirasa sudah cukup dan valid, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap data tersebut dan melakukan pembahasan sesuai dengan permasalahan yang diangkat.

3.2.6 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dalam pengerjaan tugas akhir ini, adalah mengambil kesimpulan terhadap permasalahan yang diteliti. Selain itu, juga memberikan rekomendasi – rekomendasi terhadap permasalahan tersebut apakah hal tersebut dapat diterapkan atau masih membutuhkan penelitian lebih lanjut lagi.

3.2. Skema Penelitian

Secara skematis, tugas akhir ini dilakukan dalam tahapan-tahapan berikut :



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

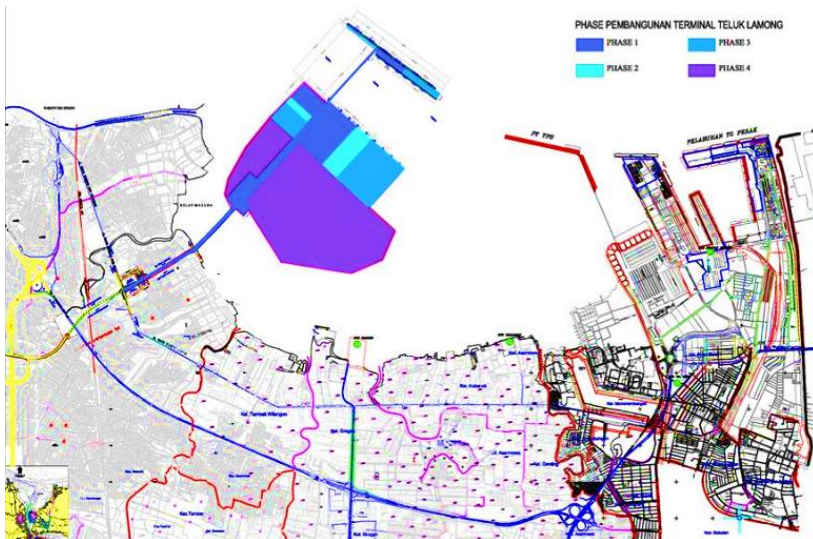
Pada bab IV ini akan dilakukan analisa terhadap data – data yang telah diperoleh dalam penelitian ini. Penelitian ini membahas tentang perancangan *shore power connection* yang akan diterapkan pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, Surabaya. Analisa yang dilakukan meliputi data *traffic* kapal di pelabuhan, daya listrik di pelabuhan, dan data penunjang lainnya.

Selain itu, dilakukan juga pembahasan terhadap hal – hal yang diperlukan pada penelitian ini yang sesuai dengan tujuan penelitian. Data – data dalam penelitian ini diperoleh pada saat melakukan observasi atau survei langsung di lapangan, wawancara, dan studi literatur.

4.2. Lokasi Pelabuhan

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong terletak pada perbatasan antara Kota Surabaya dan Gresik, Provinsi Jawa Timur. Pelabuhan Terminal Teluk Lamong dibangun untuk membantu jalur perdagangan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang sudah melebihi kapasitas (*overload*).

Letak geografis pelabuhan ini terletak pada $7^{\circ}12'16.7''$ LS dan $112^{\circ}40'09.7''$ BT.

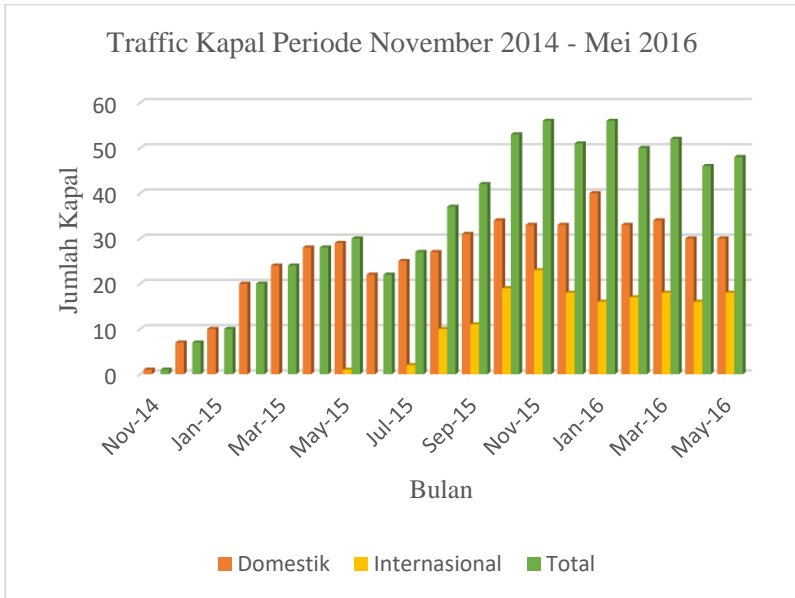


Gambar 4.1. Peta Terminal Teluk Lamong
sumber: PT Pelindo III

4.3. Data Lalu Lintas Pelabuhan

Aktivitas lalu lintas kapal di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong didominasi oleh kapal - kapal domestik, mengingat pelabuhan Terminal Teluk Lamong yang baru saja dioperasikan Tahun 2014 yang lalu. Berdasarkan data

yang diambil pada Bulan Nopember 2014 sampai April 2015 atau pada semester pertama setelah beroperasi, terdapat total 90 kapal domestik singgah di Pelabuhan yang mengusung konsep Pelabuhan Hijau (*Greenport*) ini.



Gambar 4.2. Traffic Kapal pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Periode Nopember 2014 – Mei 2016

Menginjak pada semester kedua, mulai terlihat kapal internasional yang singgah di pelabuhan ini. Total terdapat 43 kapal internasional yang singgah selama semester kedua atau periode Bulan Mei – Oktober 2015.

Pada periode Nopember 2015 – Mei 2016 ini, terdapat 233 kapal domestik dan 126 kapal internasional yang singgah pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong. (lihat Tabel 4.1.)

Tabel 4.1. Traffic kapal pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Periode November 2014 – Mei 2016

Bulan	Domestik	Internasional	Total
Nov-14	1	-	1
Dec-14	7	-	7
Jan-15	10	-	10
Feb-15	20	-	20
Mar-15	24	-	24
Apr-15	28	-	28
May-15	29	1	30
Jun-15	22	-	22
Jul-15	25	2	27
Aug-15	27	10	37
Sep-15	31	11	42
Oct-15	34	19	53
Nov-15	33	23	56
Dec-15	33	18	51
Jan-16	40	16	56
Feb-16	33	17	50
Mar-16	34	18	52
Apr-16	30	16	46
May-16	30	18	48
Total	491	169	660

Berdasarkan data lalu lintas kapal periode Nopember 2014 – Mei 2016 di atas, terjadi peningkatan jumlah kapal yang singgah di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, baik pada terminal domestik maupun terminal internasional. Dengan rata – rata kenaikan sebesar 0% – 1 % setiap bulannya pada Nopember 2014 – Mei 2016, dan diharapkan pada semester kedua Tahun 2016 dapat meningkat 2% - 3 % setiap bulannya.

4.4. Kebutuhan Daya Pelabuhan

Sebagai pelabuhan pertama di Indonesia yang mengusung konsep ramah lingkungan (*greenport*), Pelabuhan Terminal Teluk Lamong menggunakan peralatan – peralatan semi otomatis dalam menunjang kinerja bongkar muat di pelabuhan.

Pada awal beroperasinya, tercatat ada 5 unit STS (Ship-to-Shore) pada dermaga, dengan rincian 3 STS Single Lift pada dermaga domestik dan 2 STS Twin Lift pada dermaga internasional. Kemudian, terdapat 10 unit Automated Stacking Crane (ASC) pada area Container Yard (CY), penerangan jalan yang menggunakan lampu LED, dan peralatan – peralatan lain yang mendukung sebagai pelabuhan ramah lingkungan.

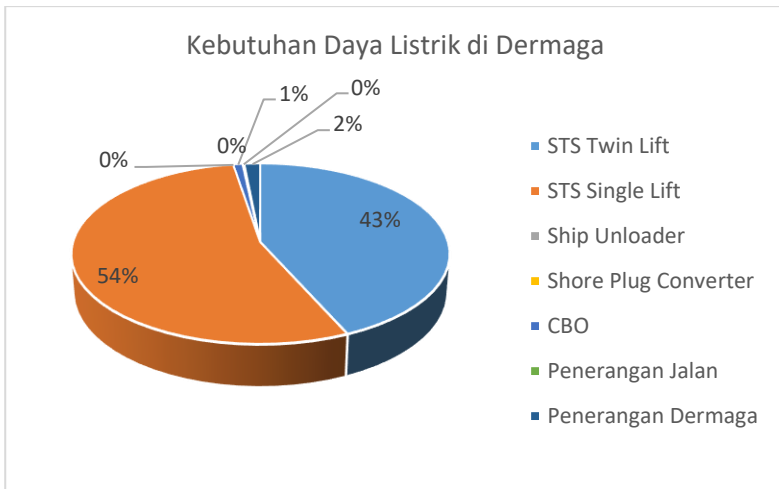
KEBUTUHAN DAYA LISTRIK PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG TAHUN 2014							
Area	Uraian	Satuan	Kebutuhan Tahun 2014				
			Jumlah	Asumsi beban max per unit			Total Beban
			2014	KW	Cos θ	KVA	(KVA)
Dermaga	STS Twin Lift	unit	2	600	0.8	750	1500
	STS Single Lift	unit	3	500	0.8	625	1875
	Ship Unloader	unit	0	0	0	0	0
	Shore Plug Converter	unit	-	-	-	-	0
	CBO	unit	1	25	0.8	31.25	31
	Penerangan Jalan	unit	16	0.25	0.7	0.36	6
	Penerangan Dermaga	unit	1	32	0.6	53.33	53
		Jumlah Daya					3465
Container Yard (CY)	ASC	unit	10	300	0.8	375	3750
	Conveyor 1500 ton/jam	unit	0	660	0.8	825	0
	Penerangan CY	unit	4	32	0.6	53.33	213
	Refrigerated Container Plug	unit	0	15	0.8	18.75	0
	Fuel Station	unit	0	25	0.8	31.25	0
	Fire Pump	unit	1	100	0.8	125	125
	Lift Water Pump	unit	1	150	0.8	187.5	188
	CFS dan Gudang	unit	1	20	0.8	25	25
	Penerangan Jalan	unit	32	0.25	0.7	0.36	11
		Jumlah Daya					4312
Admin	Office	unit	1	600	0.8	750	750
	Kantin, masjid	unit	1	50	0.8	62.5	63
	Workshop	unit	1	150	0.8	187.5	188
	Fire Pump	unit	1	100	0.8	125	125
	Lift Water Pump	unit	1	150	0.8	187.5	188
	Penerangan Truck Gate	unit	2	16	0.5	32	64
	Penerangan Jalan	unit	32	0.25	0.7	0.36	11
		Jumlah Daya					1388

Entry Point	Supply Water Pump	unit	1	150	0.8	187.5	188	
	Entry Gate	unit	1	25	0.8	31.25	31	
	Penerangan Jalan	unit	16	0.25	0.7	0.36	6	
		Jumlah Daya					224	
Container Depo (151,7 Ha)	Penerangan CY	unit	-	-	-	-	-	
	Fire Pump	unit	-	-	-	-	-	
	Lift Water Pump	unit	-	-	-	-	-	
	Penerangan Jalan	unit	-	-	-	-	-	
	Office	unit	-	-	-	-	-	
Port Associated Industries (57,6 Ha)	Penerangan Jalan	unit	-	-	-	-	-	
	Gudang	unit	-	-	-	-	-	
	Fire Pump	unit	-	-	-	-	-	
	Lift Water Pump	unit	-	-	-	-	-	
Terminal Area Dry Bulk (8Ha -> 10Ha -> 25 Ha)	Penerangan jalan	unit	0	0.25	0.7	0.36	0	
	Gudang	unit	0	20	0.8	25	0	
	Pabrik	unit	0	400	0.8	500	0	
	Fire Pump	unit	-	-	-	-	-	
	Lift Water Pump	unit	-	-	-	-	-	
Port Associated Industries Dry Bulk (50 Ha)	Penerangan Jalan	unit	-	-	-	-	-	
	Office	unit	-	-	-	-	-	
	Ruko	unit	-	-	-	-	-	
			Jumlah Daya					0
Lain-lain			-	-	-	-	-	
Safety Factor			-	-	-	-	-	
		TOTAL KEBUTUHAN DAYA (2014)					9390	

Tabel 4.2. Total Kebutuhan Daya Listrik Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Tahun 2014

sumber: Pelabuhan Terminal Teluk Lamong

Berdasarkan tabel 4.2. kebutuhan daya di atas, total kebutuhan daya pada Tahun 2014 adalah sebesar 9390 KVA. Dengan kebutuhan daya paling besar terdapat pada area Container Yard (CY) dengan total kebutuhan daya sebesar 46% dari total kebutuhan daya atau sebesar 4312 KVA. Beban terbesar pada area Container Yard terdapat pada peralatan ASC yang berjumlah 10 unit sebesar 3750 KVA, dengan beban per unit 375 KVA. Sedangkan pada area dermaga, kebutuhan daya sebesar 37% dari total kebutuhan daya atau sebesar 3465 KVA. Beban terbesar terdapat pada STS Single Lift yang berjumlah 3 unit sebesar 1875 KVA, dengan beban per unit sebesar 625 KVA.



Gambar 4.3. Kebutuhan Daya Listrik di Dermaga Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Tahun 2014

Pada Tahun 2016, Pelabuhan Terminal Teluk Lamong akan menambah beberapa peralatan baru, salah satunya adalah *shore plug converter*. Alat ini digunakan untuk menyalurkan listrik dari pelabuhan menuju ke kapal. Diasumsikan, peralatan ini menggunakan 6 unit *shore plug converter* dengan daya masing – masing 500 KVA (lihat tabel 4.3). Penggunaan alat ini sejalan dengan misi pelabuhan yang mengusung konsep pelabuhan ramah lingkungan. Dengan menggunakan *shore plug converter*, kebutuhan listrik di kapal akan disuplai oleh listrik dari pelabuhan. Maka, emisi pada pelabuhan yang dihasilkan oleh mesin utama maupun mesin bantu akan berkurang dan menjadikan pelabuhan sebagai pelabuhan ramah lingkungan.

Area	Uraian	Satuan	Kebutuhan Tambahan Tahun 2016				
			Jumlah	Asumsi beban max per unit			Total Beban (KVA)
				2016	KW	Cos θ	
Dermaga	STS Twin Lift	unit	2	600	0.8	750	1500
	STS Single Lift	unit	3	500	0.8	625	1875
	Ship Unloader	unit	-	-	-	-	-
	Shore Plug Converter	unit	6	400	0.8	500	3000
	CBO	unit	-	-	-	-	-
	Penerangan Jalan	unit	-	-	-	-	-
	Penerangan Dermaga	unit	-	-	-	-	-
			Jumlah Daya				6375

Tabel 4.3. Kebutuhan Daya Tambahan pada Dermaga
Tahun 2016

4.5. Dermaga

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong merupakan pelabuhan pendamping untuk mengurangi kepadatan di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Untuk menghitung kapasitas kapal yang dapat bersandar di dermaga Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, dihitung menggunakan rumus :

$$L_p = n \cdot L_oa + (n-1) \cdot 15 + 50$$

Dimana,

L_p = Panjang Dermaga

n = Jumlah Kapal

L_oa = Panjang Kapal

15 = Konstanta jarak kapal satu dengan yang lain

50 = Konstanta jarak dermaga dengan kapal

Pada dermaga domestik

Ukuran kapal kecil (lihat Tabel 4.4)

$$L_p = n \cdot L_oa + (n-1) \cdot 15 + 50$$

$$500 = n \cdot 89.8 + (n-1) \cdot 15 + 50$$

$$n = 4.437 \approx 4 \text{ kapal} \dots (1)$$

Ukuran kapal sedang (lihat Tabel 4.4)

$$L_p = n \cdot L_oa + (n-1) \cdot 15 + 50$$

$$500 = n \cdot 98 + (n-1) \cdot 15 + 50$$

$$n = 4.115 \approx 4 \text{ kapal} \dots (2)$$

Ukuran kapal besar (lihat Tabel 4.4)

$$\begin{aligned}L_p &= n \cdot Lo_a + (n-1) \cdot 15 + 50 \\500 &= n \cdot 119.9 + (n-1) \cdot 15 + 50 \\n &= 3.446 \approx 3 \text{ kapal} \dots (3)\end{aligned}$$

Pada dermaga internasional

Ukuran kapal kecil (lihat Tabel 4.5)

$$\begin{aligned}L_p &= n \cdot Lo_a + (n-1) \cdot 15 + 50 \\500 &= n \cdot 115 + (n-1) \cdot 15 + 50 \\n &= 3.577 \approx 3 \text{ kapal} \dots (4)\end{aligned}$$

Ukuran kapal sedang (lihat Tabel 4.5)

$$\begin{aligned}L_p &= n \cdot Lo_a + (n-1) \cdot 15 + 50 \\500 &= n \cdot 147 + (n-1) \cdot 15 + 50 \\n &= 2.870 \approx 3 \text{ kapal} \dots (5)\end{aligned}$$

Ukuran kapal besar (lihat Tabel 4.5)

$$\begin{aligned}L_p &= n \cdot Lo_a + (n-1) \cdot 15 + 50 \\500 &= n \cdot 229.14 + (n-1) \cdot 15 + 50 \\n &= 1.904 \approx 2 \text{ kapal} \dots (6)\end{aligned}$$

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong memiliki ukuran panjang dan lebar dermaga sebesar 500 meter dan 80 meter. Berdasarkan perhitungan menggunakan contoh ukuran kapal kecil, sedang, maupun besar, ukuran kapal yang mampu

sandar dan tambat sebanyak peralatan bongkar muat yang ada atau tidak melebihi 140 meter, mengingat peralatan bongkar muat pada dermaga tersebut hanya tersedia 3 buah. Sedangkan pada dermaga internasional, ukuran kapal yang mampu sandar dan tambat pada dermaga domestik tidak boleh melebihi 217 meter, dikarenakan peralatan bongkar muat pada dermaga tersebut hanya tersedia 2 buah.

Pada dermaga domestik, kapal dengan panjang lebih dari 140 meter tidak boleh sandar dan tambat dengan lebih dari 2 kapal secara bersamaan. Sedangkan pada dermaga internasional, kapal dengan panjang lebih dari 217 meter tidak boleh sandar dan tambat dengan lebih dari 1 kapal secara bersamaan.

4.6. Kebutuhan Daya Kapal Kontainer

Sesuai dengan namanya, kapal kontainer digunakan untuk mengangkut peti kemas. Kapal kontainer termasuk salah satu kapal yang paling banyak digunakan di dunia. Kapal ini merupakan kapal niaga yang paling efisien dibanding kapal niaga yang lain. Ukuran peti kemas yang biasa diangkut oleh kapal kontainer menggunakan standar Twenty-foot Equivalent Unit (TEU), yakni sebesar 20-foot (6.1 m x 2.4 m x 2.6 m). Selain itu, ada juga peti kemas yang berukuran 40 feet (12 m) panjangnya.

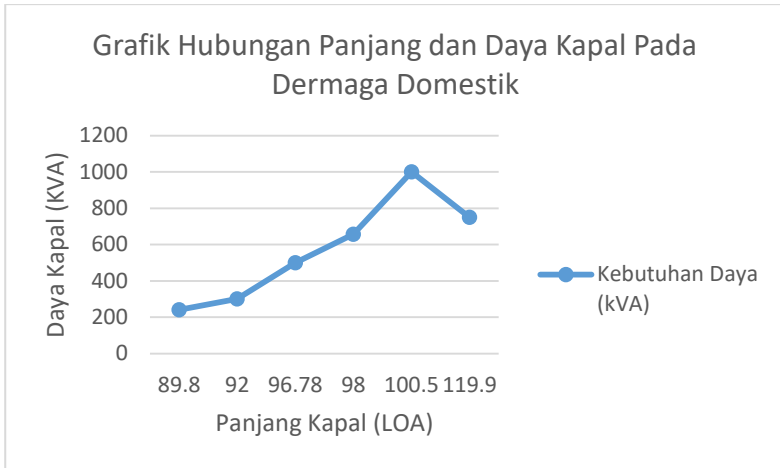
Jika ukurannya besar, kapal kontainer tidak perlu membawa peralatan bongkar muat sendiri, jadi bongkar muat dapat menggunakan *crane* dari pelabuhan. Namun, untuk kapal kecil dengan kapasitas hingga 2900 TEUs harus dilengkapi dengan *crane* di kapal.

Berikut ini, perbandingan data beberapa kapal pada dermaga domestik dan dermaga internasional.

Tabel 4.4. Data kapal kontainer pada dermaga domestik

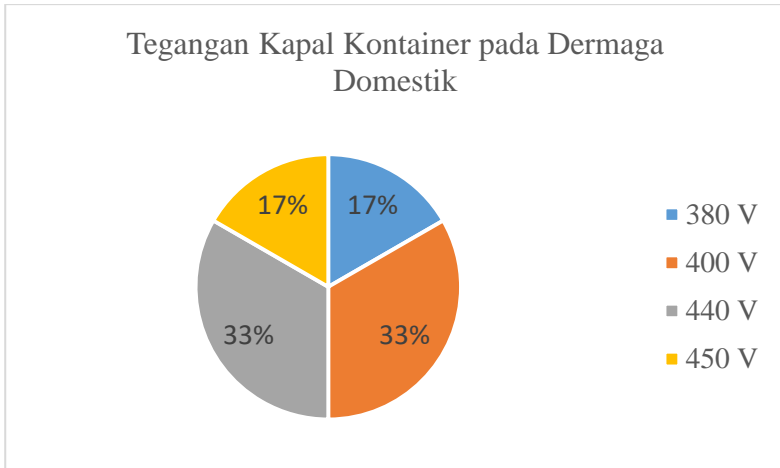
No	Panjang Total (LoA)	GT	Tegangan	Kebutuhan Daya (KVA)
1	89.80	2996	440	240
2	92.00	3430	400	300
3	96.78	4469	450	500
4	98.00	3401	380	656
5	100.50	4883	440	1000
6	119.90	6640	400	750

Pada kapal kontainer, rata – rata daya yang dibutuhkan pada kapal di dermaga domestik sebesar 574.3 kW dan pada kapal di dermaga internasional sebesar 2490.9 kW.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Panjang dan Daya Kapal Kontainer pada Dermaga Domestik

Pada kebutuhan daya rata – rata kapal kontainer pada dermaga domestik, terdapat kapal yang membutuhkan daya paling besar sebesar 1000 kW dengan panjang kapal 100.5 m dan kebutuhan daya yang paling kecil adalah sebesar 240 kW dengan panjang kapal 89.8 m.



Gambar 4.5. Tegangan Kapal Kontainer pada Dermaga Domestik

Berdasarkan data pada tabel 4.4., tegangan yang digunakan oleh kapal kontainer, berkisar dalam rentang 380 – 450 volt. Pada kapal di dermaga domestik, yang menggunakan tegangan 380 V sebesar 17%. Untuk tegangan 400 V sebesar 33% dan pada tegangan 440 V sebesar 33%. Selain itu, tegangan 450 V sebesar 17%.

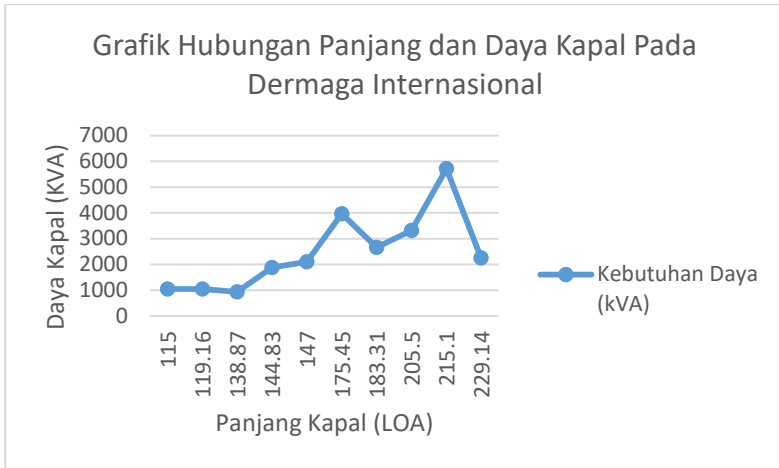
Frekuensi yang digunakan pada kapal kontainer bervariasi, ada yang menggunakan 50 Hz dan ada yang menggunakan 60 Hz. Di Indonesia, pada umumnya kapal menggunakan frekuensi 50 Hz. Tetapi, ada pula kapal yang menggunakan frekuensi 60 Hz. Hal ini dikarenakan ada

beberapa peralatan yang dibuat oleh negara yang menggunakan frekuensi 60 Hz.

Tabel 4.5. Data kapal pada dermaga internasional

No	Panjang Total (LoA)	GT	Tegangan	Kebutuhan Daya (kVA)
1	115.00	6251	450	1050
2	119.16	6543	450	1050
3	138.87	9993	450	930
4	144.83	9357	450	1875
5	147.00	12471	450	2100
6	175.45	18326	450	3960
7	183.31	29669	450	2664
8	205.50	24053	450	3315
9	215.10	27915	450	5715
10	229.14	51225	450	2250

Kebanyakan kapal – kapal pada dermaga internasional menggunakan tegangan 450 V, yakni sebesar 100%.



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Panjang dan Daya Kapal Kontainer pada Dermaga Internasional

4.6. Analisa Perencanaan Shore Power Connection

Terdapat standar dalam merencanakan *shore power connection*, yakni Standard EC/ISO/IEEE 80005-1 High Voltage Shore Connection (HVSC). Dalam standar tersebut berbunyi :

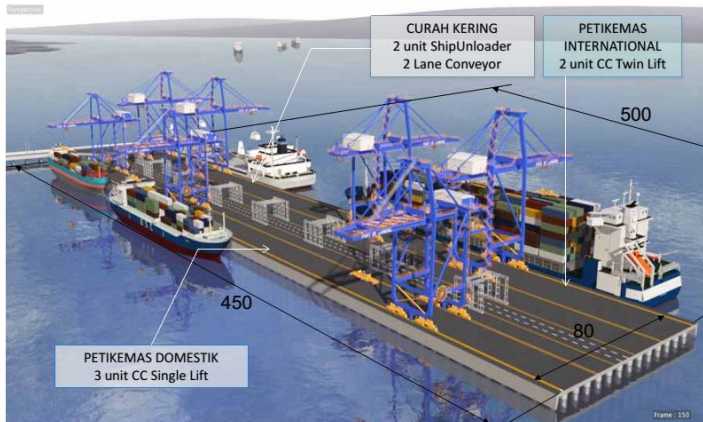
“This part of IEC 80005 describes high voltage shore connection (HVSC) systems, on board the ship and on shore, to supply the ship with electrical power from shore.”

Pada standar tersebut, dikatakan bahwa pada *shore connection* tegangan rendah tidak diberlakukan dalam standar ini. Selain itu, pada saat kapal docking atau ketika perawatan dan perbaikan tidak berlaku standar ini. Tegangan sistem pada *shore connection* menggunakan tegangan tinggi (HV), yakni pada rentang 1 kV AC sampai 15 kV AC (ABS, 2011)

Perencanaan *shore power connection* pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong direncanakan dipasang pada sisi dermaga. Hal ini disebabkan karena dermaga merupakan tempat dimana kapal sandar dan melakukan kegiatan bongkar muat.

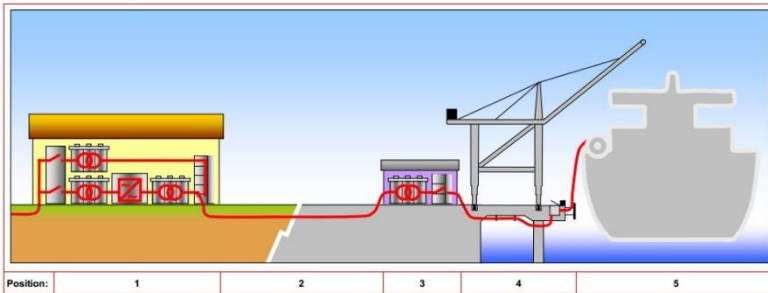
Pada dermaga di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, terdapat 2 terminal, yaitu terminal domestik dan terminal internasional. Terminal domestik dilengkapi dengan 3 unit STS *Crane Single Lift*, yang artinya dapat menampung 3 unit kapal domestik, sedangkan pada terminal internasional, dilengkapi dengan 2 unit STS *Crane Twin Lift* yang dapat menampung 2 unit kapal internasional.

Dimensi dermaga di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong memiliki ukuran panjang dan lebar 500 m x 80 m, dengan luas 40.000 m² dan kedalaman 14 m.



Gambar 4.7. Dermaga Pelabuhan Terminal Teluk Lamong
 sumber: PT Pelindo III

Dalam perencanaan *shore power connection* di pelabuhan, perlu diperhatikan posisinya seperti pada Gambar 4.8. di bawah. Dalam gambar tersebut, desain konfigurasi terbagi dalam 5 bagian, yaitu 1. Bangunan Utama, 2. Perencanaan Kabel, 3. Perencanaan *Shore-side transformer Station and Connection*, 4. Perencanaan *Shore side Connection* dan 5. *Vessel Connection Requirements*.



Gambar 4.8. Perencanaan *shore power connection* di pelabuhan

Sumber: Shore-side Supply (Ericsson, 2008)

4.6.1. Bangunan Utama

Bangunan ini merupakan yang terpenting dalam sebuah rangkaian *shore power connection*. Komponen utama yang terdapat di dalamnya meliputi konverter frekuensi, *busbar switchgear*, dan trafo.

Pada bangunan ini, terdapat frekuensi konverter yang digunakan untuk menyelaraskan frekuensi listrik yang digunakan pada kapal dan pelabuhan. Jika pada kapal – kapal Indonesia dan Eropa, umumnya menggunakan frekuensi 50 Hz sedangkan pada kapal internasional (seperti Amerika Utara dan Jepang) yang menggunakan frekuensi 60 Hz.

Selain itu, agar dapat menyalurkan frekuensi secara berkelanjutan, perlu dipasang sebuah switchgear dengan dua busbar guna menyalurkan frekuensi pada dermaga berbeda, tergantung pada kebutuhan daya pada waktu itu.

Frequency Converter

Diasumsikan permintaan daya pada tiap kapal sebesar 1000 kW, dengan faktor daya 0.8, maka didapatkan daya semu sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Daya semu} &= \text{Daya kapal} / \text{faktor daya} \\ &= 1000 \text{ kW} / 0.8 \\ &= 1250 \text{ kVA}\end{aligned}$$

Daya total pada semua dermaga, baik domestik maupun internasional sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Daya total} &= \text{jumlah kapal} \times \text{daya semu} \\ &= 5 \times 1250 \text{ kVA} \\ &= 6250 \text{ kVA}\end{aligned}$$

Pada penelitian ini, pada dermaga direncanakan 2 kapal menggunakan frekuensi 60 Hz dan 1 kapal menggunakan frekuensi 50 Hz.

$$\begin{aligned}\text{Daya pada frekuensi 60 Hz} &= \text{jumlah kapal} \times \text{daya semu} \\ &= 2 \times 1250 \text{ kVA} \\ &= 2500 \text{ kVA}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya pada frekuensi 50 Hz} &= \text{jumlah kapal} \times \text{daya semu} \\ &= 1 \times 1250 \text{ kVA} \\ &= 1250 \text{ kVA}\end{aligned}$$

Pemilihan konverter frekuensi melihat daya yang dibutuhkan, yakni sebesar 2.5 MVA, maka dipilihlah konverter frekuensi dengan merk ABB PCS 100 SFC-1250 dengan daya 1250 kVA diparalel sebanyak 2 unit.



Gambar 4.9. ABB PCS 100 SFC-1250

Sumber: abb.com

Transformer

Mengingat daya yang dibutuhkan pada frekuensi 60 Hz sebesar 2.5 MVA dan 1.25 MVA pada 50 Hz, maka dipilih trafo merk CENTRADO 2500 kVA, 20 kV/400 V dan trafo merk CENTRADO 1250 kVA, 20kV/400 V.



Gambar 4.10. Trafo CENTRADO 2500 kVA, 20 kV/400 V

Sumber: bursatrafo.com

Nilai I pada trafo 1.25 MVA

$$\begin{aligned}\text{Daya} &= \text{Daya semu} \times 0.8 \\ &= 1250 \text{ kVA} \times 0.8 \\ &= 1250 \text{ kW} = 1250000 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I &= P / (\sqrt{3} \times E \times \cos \phi) \\ I &= 1250000 \text{ W} / (\sqrt{3} \times 20000 \times 0.8) \\ I &= 45.11 \text{ Amp}\end{aligned}$$

Nilai I pada trafo 2.5 MVA

$$\begin{aligned}\text{Daya} &= \text{Daya semu} \times 0.8 \\ &= 2500 \text{ kVA} \times 0.8 \\ &= 2000 \text{ kW} = 2000000 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I &= P / (\sqrt{3} \times E \times \cos \phi) \\ I &= 2000000 \text{ W} / (\sqrt{3} \times 20000 \times 0.8) \\ I &= 72.17 \text{ Amp}\end{aligned}$$

Circuit Breaker / Fuse

Setelah kita menentukan trafo yang akan digunakan, selanjutnya kita menentukan besaran *circuit breaker* yang akan digunakan. Perhitungannya sebagai berikut:

Circuit Breaker pada 1.25 MVA

$$\begin{aligned} I_{C.B.} &= I_{primer} \times 400\% \\ &= 45.11 \times 400\% \\ &= 180.44 \text{ A} \\ &\approx 175 \text{ A} \end{aligned}$$

Sedangkan, untuk nilai *fuse* nya diperoleh dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} I_{fuse} &= I_{primer} \times 300\% \\ &= 45.11 \times 300\% \\ &= 135.33 \text{ A} \\ &\approx 125 \text{ A} \end{aligned}$$

Circuit Breaker pada 2.5 MVA

$$\begin{aligned} I_{C.B.} &= I_{primer} \times 400\% \\ &= 72.17 \times 400\% \\ &= 288.68 \text{ A} \\ &\approx 250 \text{ A} \end{aligned}$$

Sedangkan, untuk nilai *fuse* nya diperoleh dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{fuse}} &= I_{\text{primer}} \times 300\% \\
 &= 72.17 \times 300\% \\
 &= 217 \text{ A} \\
 &\approx 200 \text{ A}
 \end{aligned}$$

More Than 600V			Supervised		
%Imp	Primary		Secondary		
	>600		>600		<600
	C.B	Fuse	C.B	Fuse	C.B/Fuse
1%	600%	300%	300%	250%	250%
2%	600%	300%	300%	250%	250%
3%	600%	300%	300%	250%	250%
4%	600%	300%	300%	250%	250%
5%	600%	300%	300%	250%	250%
6%	600%	300%	300%	250%	250%
7%	400%	300%	250%	225%	250%
8%	400%	300%	250%	225%	250%
9%	400%	300%	250%	225%	250%
10%	400%	300%	250%	225%	250%

4.6.2. Pemilihan Busbar

Dalam pemilihan busbar pada sistem ini, digunakan jumlah busbar sejumlah rangkap dua. Ukuran busbar yang akan dipilih, berdasarkan nilai pembebanan arus AC, yakni :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{busbar}} &= I_{\text{C.B}} \\
 I_{\text{busbar}} &= 250 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, mengacu pada Standar DIN 43671 dipilihlah busbar rangkap dua dengan ukuran 15 mm x 3 mm dengan luas penampang 45 mm².

4.6.4. Shore-side Connection

Bagian terakhir dari rangkaian sistem *shore power connection* adalah tempat untuk menghubungkan antara kapal dengan pelabuhan. Pada bagian ini, terdapat yang namanya *Connection box* (Ericsson, 2008).

Dalam memilih *shore connection box* yang akan digunakan, dapat dihitung terlebih dahulu daya *shore connection* dengan rumus:

$$\begin{aligned} P_{shore\ connection} &= 3 \times V \times \cos \phi \times I \text{ nominal} \\ &= 3 \times 20 \times 0.8 \times 72.17 \\ &= 3464.16 \text{ kW} \\ &\approx 3500 \text{ kW} \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada Bab IV, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan *shore power connection* pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong sangat memungkinkan, mengingat pelabuhan tersebut mengusung konsep Pelabuhan Hijau (Greenport)
2. Penelitian ini menggunakan asumsi untuk 3 kapal, dengan rincian 1 kapal pada frekuensi 50 Hz dan 2 kapal pada frekuensi 60 Hz
3. Menurut perhitungan, teknologi *shore power connection* dapat diterapkan pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong

5.2. Saran

1. Perhitungan daya pada penelitian ini hanya menggunakan nilai asumsi daya 1000 W, sehingga hasil yang dicapai belum maksimal. Perlu dilakukan penelitian lebih mendalam agar dapat diketahui nilai kebutuhan daya yang sebenarnya.

2. Pemilihan spek dilakukan hanya berdasar pada hitungan matematis, sehingga kurang sempurna. Diperlukan adanya simulasi terhadap pemilihan spek dan kebutuhan daya, agar dapat diperoleh hasil yang sempurna.
3. Penelitian ini tidak dihitung besaran biaya yang dibutuhkan, sehingga tidak dapat diketahui berapa biaya yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ericsson, P., Fazlagic, I. 2008. *shore-side power supply a feasibility study and a technical solution for an onshore electrical infrastructure to supply vessels with electric power while in port*. Goteborg: Chalmers University of Technology.
- Fung, F. et al. 2014. *Prevention and Control of Shipping and Port Air Emissions in China*. China: Natural Resources.
- Keputusan Menteri Perhubungan no 53 Tahun 2002.
- Peraturan Pemerintah no 41 Tahun 1999
- PT Pelindo III
- Santoso, A. 2009. *Marine Power Plant and Emissions. Slide*. JTSP - ITS
- Talley, W.K., 2009. *Port Economics*. New York: Routledge
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Undang Undang RI no 23 Tahun 1997.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Aditya Premata Putra. Lahir di Surabaya pada tanggal 15 Juni 1991 dari pasangan Djaelani dan Soendajani. Penulis merupakan anak bungsu dari enam bersaudara. Menjalani pendidikan dasar di SDN Wadungasri I pada Tahun 1997. Setelah itu, melanjutkan ke sekolah menengah di SLTPN 1 Waru pada Tahun 2003 dan SMA Negeri 3 Surabaya pada Tahun 2006. Setelah lulus dari sekolah menengah, penulis melanjutkan studi ke jenjang pendidikan tinggi di Universitas Brawijaya pada Tahun 2009 dengan mengambil studi Ilmu Hukum. Pada Tahun 2010, penulis diterima di salah satu perguruan tinggi negeri di Surabaya, yakni Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Selama menempuh pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis aktif mengikuti organisasi mahasiswa, yakni Gerakan Mahasiswa Nasional Indonesia (GmnI). Selama berorganisasi, posisi yang pernah diemban yakni Wakil Ketua Bidang Sosial dan Politik GmnI Komisariat FTI ITS (2015 - 2016) dan Wakil Ketua Bidang Media, Literasi dan Informasi DPC GmnI Kota Surabaya (2016 - 2018).

Motto : Kerja Keras, Kerja Cerdas, Kerja Nyata